

## 明 細 書

### マイクロ波発生装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、マグネトロンを発振源とするマイクロ波発生装置に関する。

### 背景技術

[0002] 主に加熱装置として使用されているこのようなマイクロ波発生装置としては、民生用マグネトロンの磁石部分にコイルを巻き、磁場強度の制御及び注入同期を組み合わせて、マグネトロンから発振したマイクロ波の周波数／位相制御を実現したもの（例えば、特許文献1参照）や、民生用マグネトロンの電源に対する位相同期ループ（PLL）及び注入同期を組み合わせて、マグネトロンから発振したマイクロ波の周波数／位相制御を実現したもの（例えば、特許文献2参照）が提案されている。

特許文献1 特願昭60-123110号公報

特許文献2 特開2002-43848号公報

[0003] しかしながら、特許文献1, 2に記載されたような従来のマイクロ波発生装置では、マイクロ波の周波数／振幅の制御に対しては所望の特性が得られるものの、マイクロ波の振幅の制御が困難となるため、加熱装置への適用に止まっている。したがって、マグネトロンのマイクロ波の周波数／位相を安定化し又は制御しながら、マグネトロンのマイクロ波の振幅を同時に安定化し又は制御する必要があるプラズマ発生装置、通信装置、レーダ装置等には従来のマイクロ波発生装置を適用できないのが現状である。

### 発明の開示

[0004] 本発明の目的は、マグネトロンのマイクロ波の周波数／位相を安定化し又は制御し、これと同時にマグネトロンのマイクロ波の振幅を安定化し又は制御することができるマイクロ波発生装置を提供することである。

[0005] 本発明によるマイクロ波発生装置は、  
アノード及びカソードを有し、そのアノードに供給される電流によって発振し、マイクロ波を発生するマグネトロンと、

前記マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちのいずれか一方を、電場を変動させることによって制御する電場変動手段と、

前記マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方を、磁場を変動させることによって安定化する磁場変動手段とを具えることを特徴とする。

[0006] 本発明による他のマイクロ波発生装置は、

アノード及びカソードを有し、そのアノードに供給される電流によって発振し、マイクロ波を発生するマグネトロンと、

前記マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちのいずれか一方を、電場を変動させることによって制御する電場変動手段と、

前記マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方を、磁場を変動させることによって制御する磁場制御手段とを具えることを特徴とする。

[0007] 本発明によるマイクロ波発生装置によれば、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちのいずれか一方を、電場を変動させることによって制御するとともに、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方を、磁場を変動させることによって安定化する。これによって、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの一方を制御し、これと同時に、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方を安定化することができるようになる。

[0008] 本発明による他のマイクロ波発生装置によれば、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちのいずれか一方を、電場を変動させることによって制御するとともに、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方を、磁場を変動させることによって制御する。これによって、マイクロ波の周波数／位相と振幅とを同時に制御することができるようになる。

[0009] なお、本明細書中、「安定化」とは、マイクロ波の周波数／位相及び振幅並びにマイクロ波発生装置の出力を所定の範囲内に収まるよう受動的に変化させることを意味し、「制御」とは、マイクロ波の周波数／位相及び振幅並びにマイクロ波発生装置の出力を外部から能動的に変化させることを意味する。

[0010] 好適には、前記マグネトロンの固有発振周波数に近い固有周波数を有する基準信号を、前記マグネトロンに注入して、前記マグネトロンの発振周波数を前記基準信号の周波数に引き込んで同期をとることによって、前記マイクロ波の周波数／位相を更

に制御する注入同期手段を更に具える。

### 図面の簡単な説明

- [0011] [図1]図1は、本発明によるマイクロ波発生装置の第1の実施の形態を示す図である。  
[図2]図2は、本発明によるマイクロ波発生装置の第2の実施の形態を示す図である。  
[図3]図3は、本発明によるマイクロ波発生装置の第3の実施の形態を示す図である。  
[図4]図4は、本発明によるマイクロ波発生装置の第4の実施の形態を示す図である。  
[図5]図5は、従来のマイクロ波発生装置の実験結果を示す図である。  
[図6]図6は、本発明によるマイクロ波発生装置の実験結果を示す図である。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0012] 本発明によるマイクロ波発生装置の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。図面中、同一構成要素には同一符号を付すものとする。

図1は、本発明によるマイクロ波発生装置の第1の実施の形態を示す図である。このマイクロ波発生装置は、マグネトロン1と、高圧直流安定化電源2と、方向性結合器3と、減衰器及び位相又は振幅調整器4と、位相又は振幅比較器5と、基準信号発生器6と、可変移相器7とを具える。

- [0013] マグネトロン1の図示しないアノード(陽極)・カソード(陰極)間には、高圧直流安定化電源2から高圧直流電流(以下、「アノード電流」と称する。)が流され、これによって、マグネトロン1が発振状態に設定される。マグネトロン1から放射されるマイクロ波は、方向性結合器3を通じて外部出力され、例えばホーンアンテナなどの給電系に送出される。

- [0014] 方向性結合器3は、マイクロ波出力の一部を減衰器及び位相又は振幅調整器4に分岐出力し、かかる分岐出力は、減衰器及び位相又は振幅調整器4によって減衰及び位相又は振幅調整された後、位相又は振幅比較器5に供給される。

- [0015] 基準信号発生器6は、マグネトロン1の固有発振周波数に近い周波数を有する基準信号を発生するものであり、発生した基準信号は、可変移相器7を通じて位相又は振幅比較器5に供給される。

- [0016] 位相又は振幅比較器5は、マイクロ波と基準信号とを周波数／位相と振幅のうちの一方について比較し、比較の結果に応じて、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうち

の一方が基準信号のものに一致するように、アノード電流を変化させる。これによって、マイクロ波の周波数／位相の制御と振幅の安定化のうちのいずれか一方は、電場の変動により制御される。

[0017] これと平行して、マグネトロン1の図示しない磁石に巻かれた図示しないコイルの電流を手動によって変化させることによって、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方は、受動的な磁場の変動により安定化される。その結果、本実施の形態によれば、電源に対する位相同期ループ(PLL)フィードバックによって、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの一方が制御され、これと同時に、コイルへの電流を変化させることによって、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方を安定化することができるようになる。

[0018] 図2は、本発明によるマイクロ波発生装置の第2の実施の形態を示す図である。このマイクロ波発生装置は、マグネトロン1と、高圧直流安定化電源2と、方向性結合器3'と、減衰器及び位相又は振幅調整器4と、位相又は振幅比較器5と、基準信号発生器6と、可変移相器7と、位相又は振幅比較器8とを具える。

[0019] 本実施の形態では、方向性結合器3'は、マイクロ波出力の一部を減衰器及び位相又は振幅調整器4の他に位相又は振幅比較器8にも分岐出力する。位相又は振幅比較器8には、基準信号も供給され、マイクロ波と基準信号とを強度について比較し、比較の結果に応じて、マイクロ波の強度が基準信号のものに一致するように、図示しないコイルの電流を能動的に変化させる。これによって、マイクロ波の周波数／位相の制御と振幅の安定化のうちの他方は、電場の変動により制御される。これによって、マイクロ波の周波数／位相と振幅とを同時に制御することができるようになる。

[0020] 図3は、本発明によるマイクロ波発生装置の第3の実施の形態を示す図である。このマイクロ波発生装置は、マグネトロン1と、高圧直流安定化電源2と、方向性結合器3と、減衰器及び位相又は振幅調整器4と、位相又は振幅比較器5と、基準信号発生器6と、可変移相器7と、分配器9と、サーキュレータ10とを具える。

[0021] 本実施の形態では、基準信号が、可変移相器7を通じて分配器9に供給される。この分配器9は、入力された基準信号を2系統に分配するものであり、一方の系統の基準信号は、サーキュレータ10に供給され、他方の系統の基準信号は、位相又は振

幅比較器5に供給される。

- [0022] サーキュレータ10は、分配器9から供給される基準信号を第1端子から入力し、この入力基準信号を第2端子から出力してマグネトロン1に注入し、マグネトロン1から放射されるマイクロ波を第2端子から取り込んで第3端子から出力する。サーキュレータ10から出力されるマイクロ波は、方向性結合器3を通じて外部に出力され、例えばホーンアンテナなどの給電系に送出される。
- [0023] マグネトロン1の発振状態において、基準信号発生器6で発生した、マグネトロン1の固有発振周波数に近い周波数を有する基準信号が、サーキュレータ10を通じてマグネトロン1に注入される。その結果、マグネトロン1の発振周波数は、基準信号の周波数に引き込まれていく。
- [0024] マグネトロン1から放射されるマイクロ波は、サーキュレータ10及び方向性結合器3を通じて外部に出力される。この際、サーキュレータ10の有する特性により、マイクロ波出力が基準信号入力側に戻ることはない。
- [0025] 本実施の形態によれば、電源に対するPLLフィードバックによって、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの一方が制御され、これと同時に、コイルへの電流を変化させることによって、マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方を安定化することができるようになる。また、同期注入法により、マグネトロン1の発振周波数を基準信号の周波数に引き込み、フィードバック制御によって周波数／位相の同期をとることができる。この際、マグネトロン1のアノード電流を制御することによって周波数／位相の同期をとっているため、制御幅を極めて広くとることができ、これによって、安定性が更に向上する。
- [0026] 図4は、本発明によるマイクロ波発生装置の第4の実施の形態を示す図である。このマイクロ波発生装置は、マグネトロン1と、高圧直流安定化電源2と、方向性結合器3と、減衰器及び位相又は振幅調整器4と、位相又は振幅比較器5と、基準信号発生器6と、可変移相器7と、位相又は振幅比較器8と、分配器9と、サーキュレータ10とを具える。
- [0027] 本実施の形態によれば、マイクロ波の周波数／位相と振幅とを同時に制御することができるようになり、かつ、安定性が更に向上する。

[0028] 図5は、従来のマイクロ波発生装置の実験結果を示す図であり、図6は、本発明によるマイクロ波発生装置の実験結果を示す図である。なお、従来のマイクロ波発生装置としては、図1のマイクロ波発生装置においてマグネトロン1のコイルの電流を変化させないものを使用し、本発明によるマイクロ波発生装置として、図3のマイクロ波発生装置を使用した。

[0029] 従来のマイクロ波発生装置では、図5Aに示すように50秒間で位相差を $10^{\circ}$  前後に収めたとしても、図5Bに示すように出力電力が約40Wも変動していることがわかる。

[0030] それに対して、本発明によるマイクロ波発生装置では、10〜15秒の間に出力電力が450Wから600Wまで増大する(図5B)ようにマグネトロン1のコイルの電流を増大し(図6D)、それに応じて陰極電流制御電圧が6.5Vから7Vまで増大した(図6C)としても、位相差が25秒以降で零の状態安定していることがわかる。

[0031] 本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、幾多の変更及び変形が可能である。

例えば、上記実施の形態において、電源に対するPLLフィードバックによって電場を変動させるとともに、コイルの電流を受動的又は能動的に変化させることによって磁場を変動させているが、電場の変動及び磁場の変動を、他の任意の手法によって行なうことができる。

#### 産業上の利用可能性

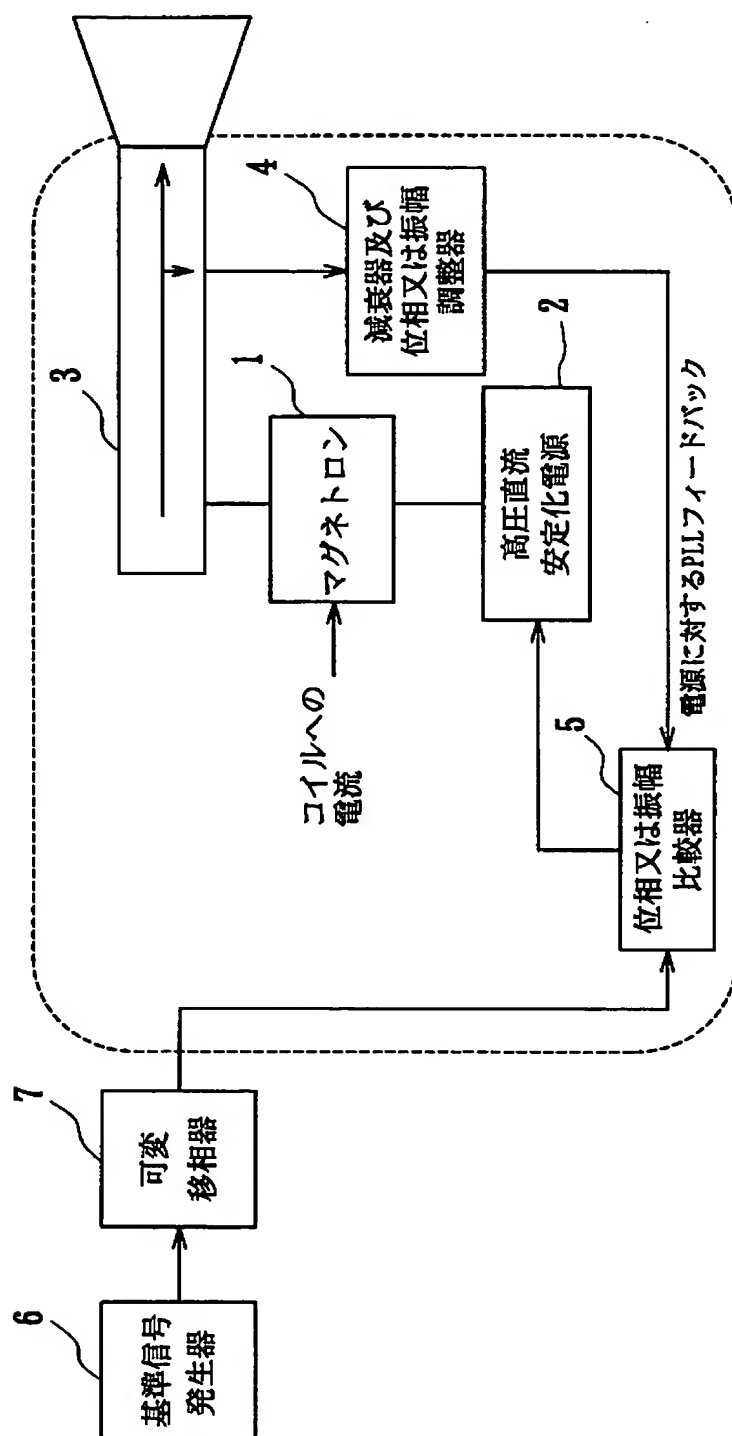
[0032] 本発明は、マイクロ波の周波数／位相を安定化し又は制御しながら、マグネトロンのマイクロ波の振幅を同時に安定化し又は制御することができるため、加熱装置のみならず、マイクロ波の周波数／位相及び振幅を同時に安定化し又は制御することが必要とされる通信用途又はエネルギー伝送用途(例えば、プラズマ発生装置、通信装置、レーダ装置)のマイクロ波を利用する種々の装置を廉価に構成することができる。

### 請求の範囲

- [1]     アノード及びカソードを有し、そのアノードに供給される電流によって発振し、マイクロ波を発生するマグネトロンと、
- 前記マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちのいずれか一方を、電場を変動させることによって制御する電場制御手段と、
- 前記マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方を、磁場を変動させることによって安定化する磁場変動手段とを具えることを特徴とするマイクロ波発生装置。
- [2]     アノード及びカソードを有し、そのアノードに供給される電流によって発振し、マイクロ波を発生するマグネトロンと、
- 前記マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちのいずれか一方を、電場を変動させることによって制御する電場制御手段と、
- 前記マイクロ波の周波数／位相と振幅のうちの他方を、磁場を変動させることによって制御する磁場制御手段とを具えることを特徴とするマイクロ波発生装置。
- [3]     前記マグネトロンの固有発振周波数に近い固有周波数を有する基準信号を、前記マグネトロンに注入して、前記マグネトロンの発振周波数を前記基準信号の周波数に引き込んで同期をとることによって、前記マイクロ波の周波数／位相を制御する注入同期手段を更に具えることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載のマイクロ波発生装置。

[図1]

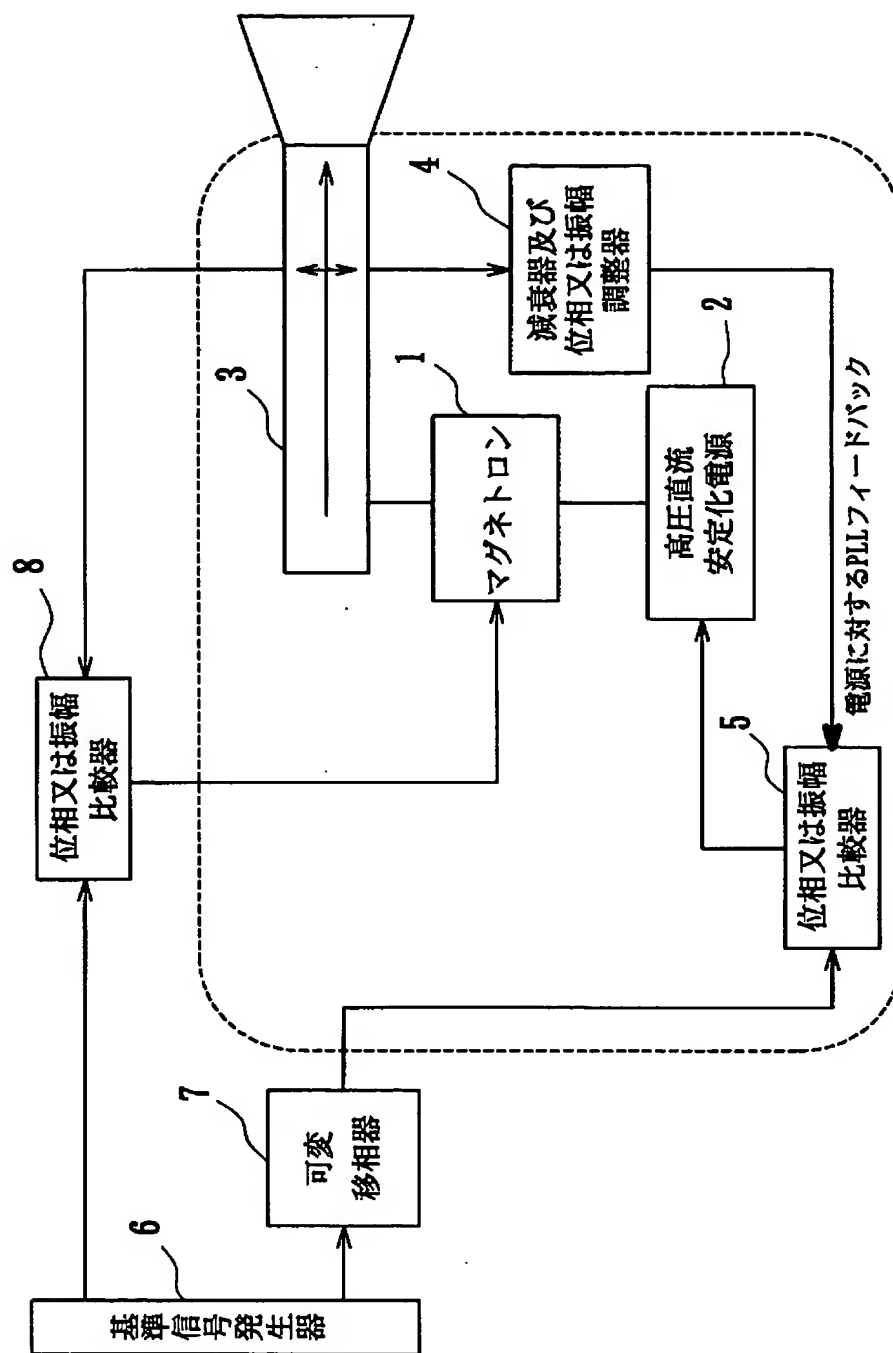
FIG. 1





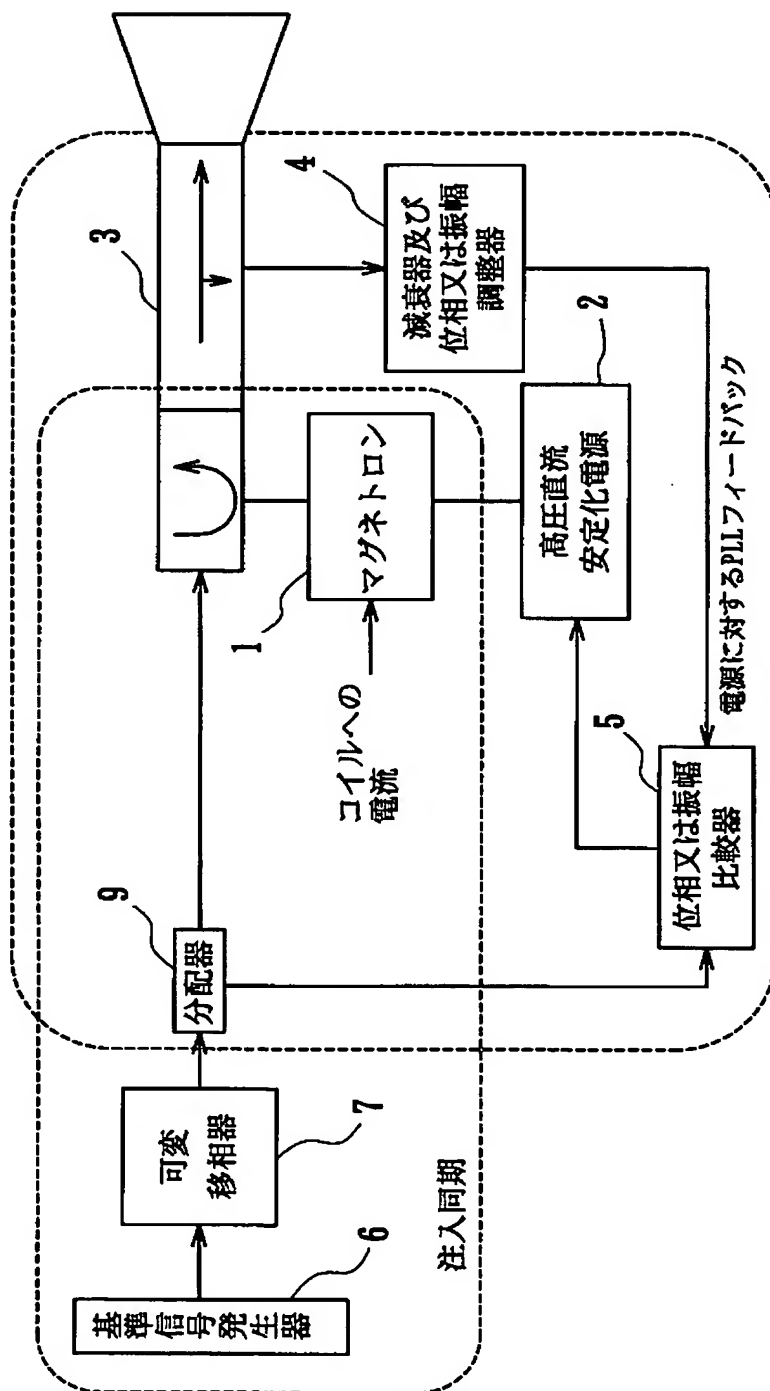
[図2]

FIG. 2



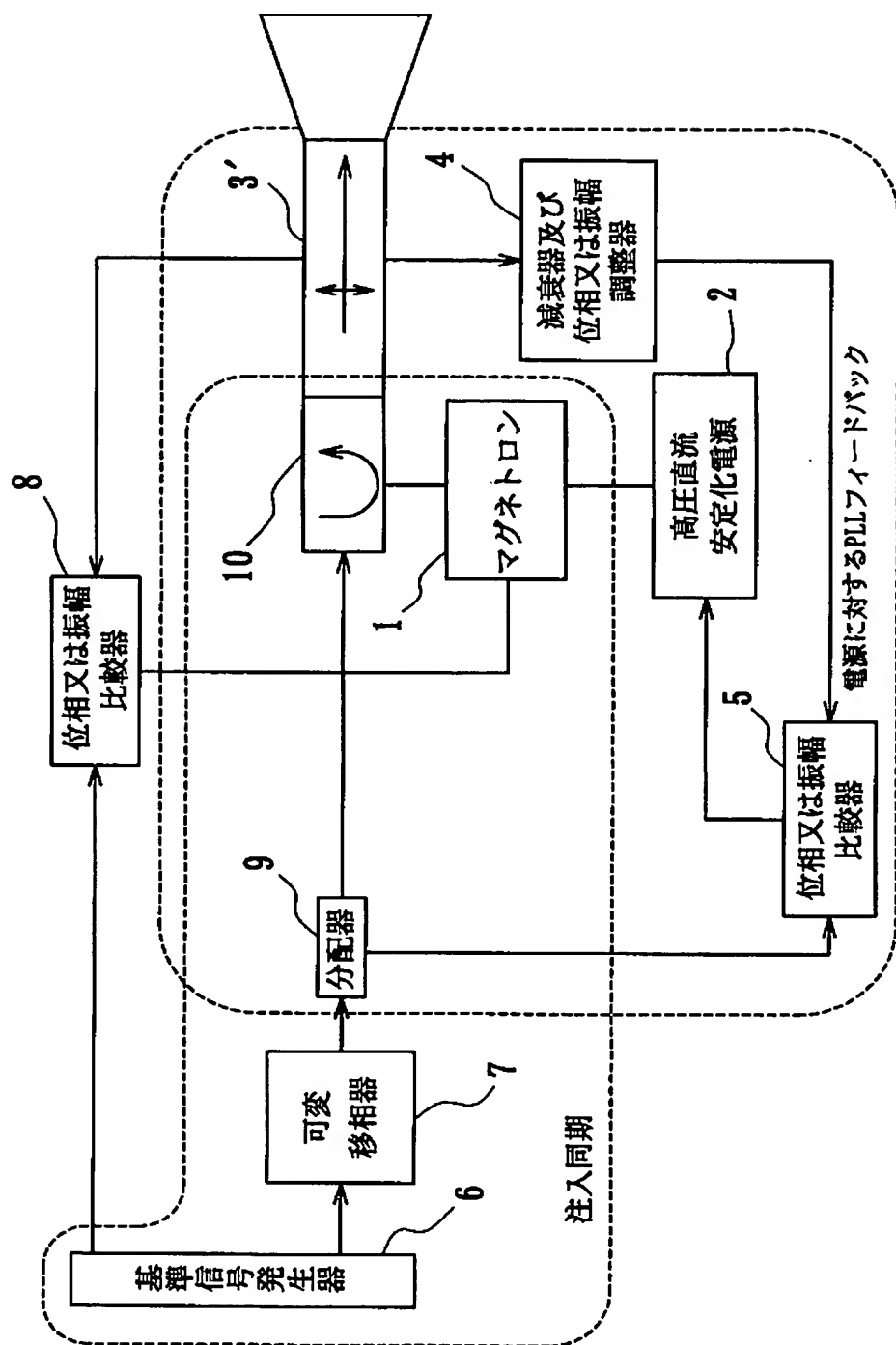
[図3]

FIG. 3

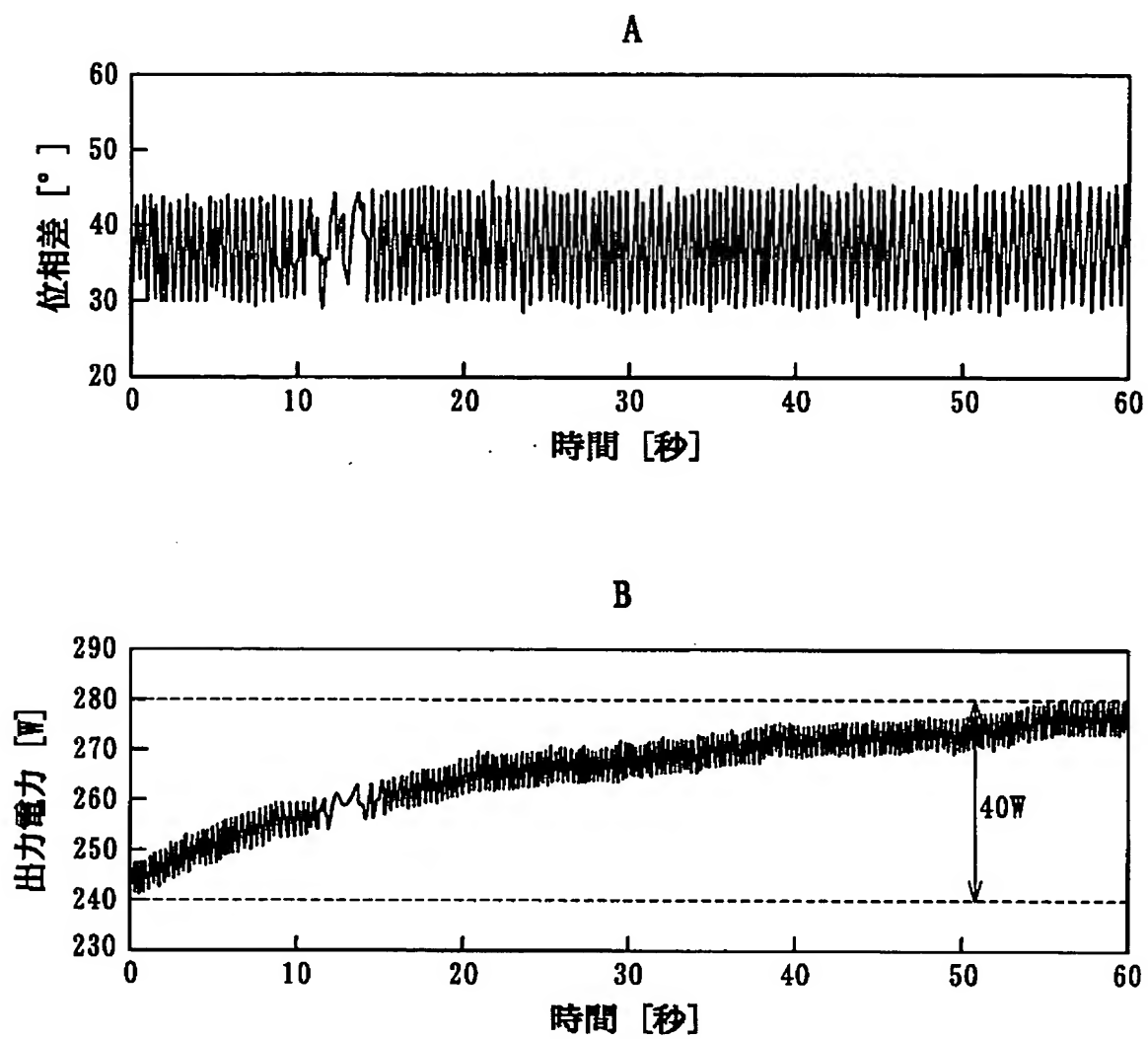


[図4]

FIG. 4

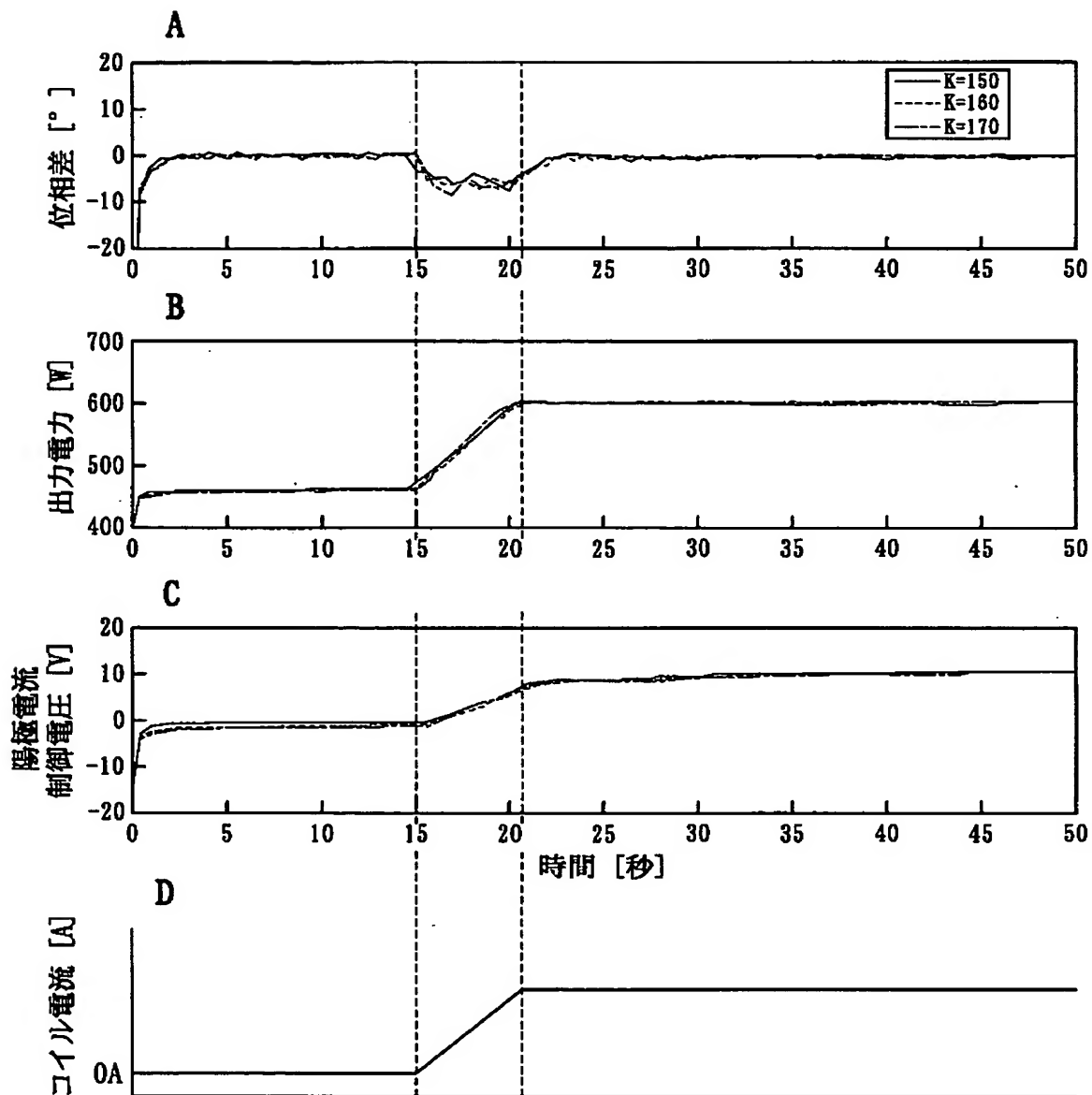


[図5]

*FIG. 5*

[図6]

FIG. 6



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/014738

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H03B9/10, H01J23/20, H01J25/50, H05B6/66, H05B6/68

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H03B9/10, H01J23/20, H01J25/50, H03L1/00-7/26, H03C1/30, 3/32, 5/04, H05B6/48-6/50, 6/66-6/68, 11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Electronic Library Online, [matsumoto &lt;and&gt; shinohara &lt;in&gt; au]

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-43848 A (President of The Kyoto University), 08 February, 2002 (08.02.02), Par. Nos. [0008], [0017] to [0026], [0031]; Fig. 1 (Family: none)	1-3
Y	JP 51-124844 A (JEOL Ltd.), 30 October, 1976 (30.10.76), Columns 1 to 2, 6; drawings (Family: none)	1-3
A	JP 1-159994 A (New Japan Radio Co., Ltd.), 22 June, 1989 (22.06.89), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
08 December, 2004 (08.12.04)Date of mailing of the international search report  
28 December, 2004 (28.12.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/014738

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MATSUMOTO, Hiroshi and SHINOHARA, Naoki, 'New microwave tubes requirements for future SPS' In: Vacuum Electronics, 2003 4th IEEE International Conference, 28-30 May 2003, pages 6 to 7, full text	1-3

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H03B9/10  
 H01J23/20, H01J25/50  
 H05B6/66, H05B6/68

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H03B9/10, H01J23/20, H01J25/50  
 H03L1/00-7/26, H03C1/30, 3/32, 5/04  
 H05B6/48-6/50, 6/66-6/68, 11/00

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEE Electronic Library Online, [matsumoto <and> shinohara <in> au]

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-43848 A (京都大学長) 2002.02.08 [0008], [0017] - [0026], [0031] 第1図 (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 51-124844 A (日本電子株式会社) 1976.10.30 第1-2欄, 第6欄, 図 (ファミリーなし)	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.12.2004

国際調査報告の発送日

28.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

江口 能弘

5W

3570

電話番号 03-3581-1101 内線 3574



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 1-159994 A (新日本無線株式会社) 1.989.06.22, 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1-3
A	MATSUMOTO, Hiroshi and SHINOHARA, Naoki, 'New microwave tubes requirements for future SPS' In: Vacuum Electronics, 2003 4th IEEE International Conference, 28-30 May 2003, p6-7, 全文	1-3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**